

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 特許公報 (B2)

(11)特許番号

第2830461号

(45)発行日 平成10年(1998)12月2日

(24)登録日 平成10年(1998)9月25日

(51)Int.Cl.⁶

F 02 D 41/14
45/00

識別記号

3 1 0
3 2 4

F I

F 02 D 41/14
45/00

3 1 0 L
3 2 4

請求項の数1(全12頁)

(21)出願番号 特願平2-315800

(22)出願日 平成2年(1990)11月22日

(65)公開番号 特開平4-187843

(43)公開日 平成4年(1992)7月6日

審査請求日 平成7年(1995)12月14日

(73)特許権者 99999999

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72)発明者 大畠 明

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 稲垣 浩

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 那須 昌博

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74)代理人 弁理士 青木 朗 (外3名)

審査官 宮崎 侑久

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 内燃機関の燃料噴射量制御装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】内燃機関の排気管に設置され排気ガスの空燃比を検出する空燃比センサ(100)と、
空燃比以外の内燃機関の運転状態を検出する運転状態検出手段(101)と、
該空燃比センサ(100)の出力と、該運転状態検出手段(101)で検出された運転状態量とから所定の排気ガス性状を得るために各気筒に注入されるべき燃料量を演算する基準目標筒内燃料量演算手段(102)と、
該基準目標筒内燃料量演算手段(102)の演算結果に基づいて、各気筒のインジェクタ近傍における燃料の動的挙動を表すシミュレーションモデルの逆モデルを使用して、インジェクタから噴射すべき燃料量を決定する燃料噴射量演算手段(103)と、
該燃料噴射量演算手段(103)の演算結果に基づいて吸

気弁近傍の吸気管流に燃料を噴射するインジェクタ(104)と、から構成される燃料噴射制御装置において、各気筒のインジェクタ近傍における燃料の動的挙動を表すシミュレーションモデルに基づき、各気筒内に注入されたであろう予想筒内燃料量を演算する燃料挙動シミュレーション手段(105)と、
内燃機関の運転状態が特定の運転状態にあることを検出する特定状態検出手段(107)と、
該特定状態検出手段により内燃機関が特定状態であることが検出されたときに前記燃料挙動シミュレーション手段(105)に含まれるパラメータを同定するパラメータ同定手段(108)と、
前記特定状態検出手段(107)により内燃機関が特定状態でないことが検出されたときに、前記空燃比センサ(100)の出力と該パラメータ同定手段(108)による同

定されたパラメータを使用して燃料挙動シミュレーション手段(105)により演算された予想筒内燃料量に基づいて、前記燃料噴射量演算手段(103)により決定される燃料量を補正する燃料噴射量補正手段(106)を含むことを特徴とする燃料噴射制御装置。

[発明の詳細な説明]

[産業上の利用分野]

本発明は内燃機関の燃料噴射量の制御装置に係り、さらに詳しくは内燃機関の吸気管に取り付けられたインジェクタ近傍の燃料の動的挙動を表す燃料挙動モデルに基づいて燃料噴射量を決定する制御装置に関する。

[従来の技術]

内燃機関のインジェクタから噴射されるべき燃料量を制御する方法として、本出願人は内燃機関の吸気管に設置されたインジェクタ近傍の燃料の動的挙動を表す精密なシミュレーションモデルを使用した噴射燃料制御装置を提案した(特開平1-200040公報参照)。

この方式においては、インジェクタ近傍の仮想的な閉空間(コントロールボリューム)内の吸気管内壁面に付着している燃料量 f_w とこの閉空間内で蒸発する燃料量 f_v を状態変数とするシミュレーションモデルを構築し、排気通路に設けられた空燃比センサの出力から実際にシリンダ内に流入した燃料量を検出しその値が目標値と一致するように前述の状態変数に基づいてインジェクタからの燃料噴射量をフィードバック制御しているため、高い精度で所定の空燃比を維持することができる。しかしながらこの方法はいわゆるフィードバック制御、即ち内燃機関の排気空燃比が検出されて始めて燃料噴射量の修正が可能となる制御であり一般的に制御速度が遅いという欠点があり、運転状態が急激に変化する場合には制御の精度が低下するという欠点があった。

この欠点を解消するために本出願人は、内燃機関の運転状態に応じて予め定まる目標筒内流入燃料量から内燃機関の動特性と逆特性の関係にある制御演算を実行する制御装置によって内燃機関を制御するものを提案している(特願平2-193806)。

[発明が解決しようとする課題]

しかしながら逆モデルを使用した制御装置にあっては制御装置のパラメータが内燃機関の動特性と逆特性の関係を有するモデルを正確に記述する必要があるが、内燃機関の製造過程におけるばらつきや経時変化のために正確なパラメータを知ることは困難であり、このパラメータの誤差が要因となって制御が不安定となるおそれがある。

本発明は上記問題点に鑑みなされたものであって、内燃機関の運転状態に迅速に対応して適切な燃料噴射量を決定するとともに、内燃機関の経時的な変化に追従して燃料噴射量を補正する内燃機関の燃料噴射制御装置を提供することを目的とする。

[課題を解決するための手段]

このような内燃機関の燃料噴射量制御装置の基本構成は第1図に示されるが、以下のように構成される。

即ち内燃機関の排気管に設置され排気ガスの空燃比を検出する空燃比センサ100と、空燃比以外の内燃機関の運転状態を検出する運転状態検出手段101と、空燃比センサ100の出力と運転状態検出手段101で検出された運転状態量とから所定の排気ガス性状を得るために各気筒に注入されるべき燃料量を演算する基準目標筒内燃料量演算手段102と、基準目標筒内燃料量演算手段102の演算結果に基づいて各気筒のインジェクタ近傍における燃料の動的挙動を表すシミュレーションモデルの逆モデルを使用してインジェクタから噴射されるべき燃料量を決定する燃料噴射量演算手段103と、燃料噴射量演算手段103の演算結果に基づいて吸気弁近傍の吸気管流に燃料を噴射するインジェクタ104と、各気筒のインジェクタ近傍における燃料の動的挙動を表すシミュレーションモデルに基づき各気筒内に注入されたであろう予想筒内燃料量を演算する燃料挙動シミュレーション手段105と、内燃機関の運転状態が特定の運転状態にあることを検出する特定状態検出手段107と、特定状態検出手段により内燃機関が特定状態であることが検出されたときに燃料挙動シミュレーション手段105に含まれるパラメータを同定するパラメータ同定手段108と、特定状態検出手段107により内燃機関が特定状態でないことが検出されたときに空燃比センサ100の出力とパラメータ同定手段108による同定されたパラメータを使用して燃料挙動シミュレーション手段105により演算された予想筒内燃料量に基づいて燃料噴射量演算手段103により決定される燃料量を補正する燃料噴射量補正手段106と、から構成される。

[作用]

このように構成された内燃機関の燃料噴射量制御装置においては、燃料動特性の逆モデルにより排気ガスの空燃比を所定の値に制御するための適切な燃料噴射量が定められるとともに、内燃機関の特性の変動に応じて燃料噴射量が補正され制御を安定に維持する。

[実施例]

(1) 実施例の構成

第2図は本発明に係る内燃機関の燃料噴射量制御装置の1つの実施例を示す図である。第2図において内燃機関1の吸気通路2にはエアフローメータ3が設置されている。エアフローメータ3は内燃機関が吸入する空気量を計測するための機器であって吸入空気の体積流量に比例した電気信号を出力する。この電気信号は制御回路10のA/Dコンバータ1001に供給される。

ディストリビュータ4には、例えばクランク角度に換算して72°毎にパルス信号を出力するクランク角度センサ5およびクランク角度に換算して30°毎にパルスを出力するクランク角度センサ6が取り付けられている。クランク角度センサのパルス出力は制御回路10の入出力インターフェース1002に供給される。

また排気マニホールド11より下流の排気管13には空燃比センサ14が設置され、排気ガス中の酸素濃度に応じた電圧を出力し、A/Dコンバータ1001に供給される。

制御回路10は例えばマイクロコンピュータシステムで構成され、A/Dコンバータ1001、入出力インターフェース1002、CPU1003、ROM1004、RAM1005、バックアップRAM1006、クロック発生回路1007等を含む。

また吸気通路2に設置されているスロットル弁15にはスロットル弁15が全開が否かを検出するためのアイドルスイッチ16が設けられ、この出力は入出力インターフェース1002を介して制御回路10に入力される。

また制御回路10において、ダウンカウンタ1008、フリップフロップ1009および駆動回路1010はインジェクタ7を制御するためのものである。即ち燃料噴射量が演算されると、その演算結果がダウンカウンタ1008に設定され同時にフリップフロップ1009もセット状態とされる。

この結果駆動回路1010がインジェクタ7を付勢する。

ダウンカウンタ1008はクロックパルス（図示せず）の計数を開始しダウンカウンタ1008の値が零となったときにフリップフロップ1009をリセットし駆動回路1010は燃料噴射弁の付勢を停止する。

即ち燃料噴射量制御手段で演算された期間だけインジェクタ7が付勢され、演算結果に応じた燃料が内燃機関1の各気筒に供給される。

(2) 燃料噴射量制御装置の設計

制御精度が高く、かつ安定な制御が実行できる制御装置を構成するために考慮すべき点は以下の通りである。

即ちインジェクタ7から噴射された燃料は全て気筒内に注入されず、一部吸気管壁面に付着する。

このため排気ガスの空燃比が所定の値となるようにインジェクタ7からの噴射量を決定しても、所定の空燃比とはならない。

また内燃機関の動特性は経時的あるいは燃料性状の変化によって変化する。

上記の点を考慮して吸気弁近傍の燃料の動特性を考慮して燃料噴射量を決定し、動特性の変化を検知して燃料

$$f_c = \frac{G P}{1 - G H + G P} f_{c r} \quad (3)$$

$$\delta f = \frac{f_c - G H f_{c r} \alpha}{1 - G H} \quad (4)$$

が成立する。従って(3)式から、

$$HG = 1 \quad (5)$$

であれば、即ち制御装置が内部モデルの逆モデルであれば、

$$f_{c r o} = f_c \quad (6)$$

となり、内燃機関の動特性によらず筒内燃料量fcは基準目標筒内燃料量fcr0と等しくなる。

噴射量を補正する様に制御装置を構成する。

1) 燃料の動特性モデル（内部モデル）の構築

インジェクタ近傍の燃料の質量収支を得るために第3図に示すようなインジェクタ近傍の仮想的なコントロールボリュームCVを考える。

所定のクランク角度（サイクル）を表すインデックスをk

所定のクランク角度（サイクル）kにCVに流入する燃料流量をfi(k)

所定のクランク角度（サイクル）kに壁面に付着している燃料量をfw(k)

所定のクランク角度（サイクル）kにCVから流出する燃料流量をfc(k)

流入燃料流量fi(k)のうち壁面に付着する割合をR
壁面付着燃料量fw(k)のうち壁面に残留する割合をP

モデル化に伴う誤差をδf
とすれば次式が成立する。

$$f_w(k+1) = P \cdot f_w(k) + R \cdot f_i(k) - \delta f \quad (1)$$

$$f_c(k) = (1-P) \cdot f_w(k) + (1-R) \cdot f_i(k) + \delta f \quad (2)$$

なお、(2)式は第1図の燃料挙動シミュレーション手段105を構成する。

2) 内部モデルと逆モデルによる制御系の構築

第4図は内部モデルと制御装置を使用して構成した適応制御系の基本構成を示す。

制御装置の等価伝達関数をG

内部モデルの等価伝達関数をH

実際の内燃機関の等価伝達関数をP

基準目標筒内燃料量をfcr0

目標筒内燃料量をfcr

実際の筒内燃料をfc

内部モデルから演算された筒内燃料量をfc'm

実際の筒内燃料量fcと内部モデルから演算された筒内燃料量との誤差をδfとすれば

また第(4)式からHG=1の時にfcとfcr0の間に誤差が生じるとδfの値が無限大となり前述したように制御が不安定となることが分る。

即ち第4図に示す制御系を構成すれば、排気ガスの空燃比λrに制御することが可能となる。

3) 基準目標筒内燃料量fcr0の演算

各気筒に注入すべき基準目標筒内燃料量fcr0は所定

の排気ガス空燃比を λ_r 、吸気空気量を $m_c(k)$ とすれば次式から求めることができる。

$$fcro = \lambda_r \cdot m_c(k) \quad (7)$$

ここで各気筒に流入する空気流量 $m_c(k)$ は次の何れかの方法で求めることができる。

(a) 下記第(8)式により算出する。

$$\begin{aligned} m_c(k) &= \\ (\beta_1 \cdot N_e \cdot P_m - \beta_2 \cdot N_e) / T_i &\quad (8) \end{aligned}$$

ただし N_e =内燃機関回転数

P_m =吸気管圧力

T_i =吸気温度

β 、 α =定数

(b) 吸気圧力 P_m および内燃機関回転数 N_e をパラメータとするマップから基本吸気空気量を求め、吸気温度 T_i で補正して $m_c(k)$ を求める。

(c) エアフローメータ3の検出値から推定する。

即ち第(7)式および上記(a)(b)(c)のいずれかは第1図の基準目標筒内燃料量演算手段(102)の一部を構成する。

(4) フィードフォワード制御系の構築

第4図に示す制御系において補正燃料量は、

$$\delta f = f_c(k) - f_{cm}(k) \quad (9)$$

ただし f_{cm} =内部モデルから算出したモデル筒内燃料量

となるが、筒内燃料量 $f_c(k)$ を直接計測することができないため、空燃比センサ14の出力 u および吸気空気量 $m_c(k)$ から演算によって求めることとなる。

しかしながら空燃比 λ の計測には排気ガスの流動遅れおよびセンサ固有の検出遅れが含まれるために $f_c \neq f_{cro}$ となり(4)式からも明らかなように第(9)式は不安定となる。

この問題点を除去するために本出願人は、内燃機関の運転状態量からフィードフォワード制御する補正燃料量を決定する制御装置を提案している(特願平1-54420)。

したがって本発明においても、例えば

$\delta f =$

$$\delta o \cdot f_w(k) \{P_m(k) - P_m(k-1)\}$$

ただし δo =比例係数

として、フィードフォワードする補正燃料量を決定するものとする。

即ち第1図の基準目標筒内燃料量演算手段(102)の残りの部分は第(10)式で構成される。

従って目標筒内燃料量 f_{cr} は、

$$f_{cr} = f_{cro} + \delta f \quad (11)$$

によって演算される。

5) 燃料噴射量の決定

(1) 式から定まる $f_w(k)$ を用いれば、インジェクタ7から噴射されるべき基本燃料流量 $f_{io}(k)$ は

(2) 式から、

$$\begin{aligned} f_{io}(k) &= \{f_{cr} - \\ (1-P) \cdot f_w(k)\} / (1-R) \quad (12) \end{aligned}$$

として求めることができる。

すなわち(12)式は第1図の燃料噴射量演算手段103を構成する。

6) 燃料噴射量の補正

実際に気筒内に注入される燃料量を

$$f_i = f_{io} + \Delta f \quad (13)$$

とすれば、次式が成立する。

$$\begin{aligned} \Delta f_c(k) &= P \cdot \Delta f_c(k-1) \\ &+ (1-R) \cdot \Delta f_i(k-d+1) \\ &+ (R-P) \cdot \Delta f_i(k-d) \quad (14) \end{aligned}$$

ここで

$$y(k) = \Delta f_c(k)$$

$$u(k) = \Delta f_i(k-d)$$

$$x(k) = y(k) - (1-R) \cdot u(k)$$

$$P = P_0 + \Delta P$$

$$R = R_0 + \Delta R$$

$$P_0, R_0$$
は各パラメータの定常値

とすれば、次式を得る。

$$\begin{aligned} x(k+1) &= P_0 \cdot x(k) \\ &+ R_0 \cdot (1-P_0) \cdot u(k) \\ &+ w_1 \quad (15) \end{aligned}$$

$$y(k) = x(k) + (1-R_0) \cdot u(k) + w_2 \quad (16)$$

ここで w_1, w_2 は $\Delta P, \Delta R$ の関数

さらに x_s, u_s が次式を満足するものとする。

$$x_s = P_0 \cdot x_s + R_0 \cdot (1-P_0) \cdot u_s + w_1 \quad (17)$$

$$y_s = x_s + (1-R_0) \cdot u_s + w_2 \quad (18)$$

さらに変数を次式の様に変換する。

$$x(k)' = x(k) - x_s$$

$$y(k)' = y(k) - y_s$$

$$u(k)' = u(k) - u_s$$

$$\Delta x(k)' = x(k)' - x(k-1)'$$

$$\Delta u(k)' = u(k)' - u(k-1)' \quad (19)$$

この結果第(17)(18)式は、次式のように状態変数表示できる。

$$\begin{bmatrix} \Delta x(k+1) \\ y(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_0 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta x(k) \\ y(k-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} R_0 \cdot (1 - P_0) \\ 1 - R_0 \end{bmatrix} \cdot \Delta u(k)$$

(20)

第(20)式で表されるシステムに対して、例えば基礎システム理論(古田勝久他著、コロナ社刊)の114頁から127頁に示される最適レギュレータを設計すると、次式を得る。

$$\Delta f_i(k) = (-f_1 \cdot \Delta f_c(k+d))$$

$$-f_2 \cdot \sum_{j=1}^{k-d} \Delta f_c(j+d) + wPR$$

(22)

ここでwPRはパラメータの補正項

第(22)式には Δf_c について未来の値が含まれるた

め、第(14)式を用いて置き換える。

即ち第(14)式より

$$\begin{aligned} \Delta f_c(k+1) &= P \cdot \Delta f_c(k) \\ &+ (1-R) \cdot \Delta f_i(k-d+2) \\ &+ (R-P) \cdot \Delta f_i(k-d+1) \end{aligned}$$

$$\Delta f_c(k+2) = P \cdot \Delta f_c(k+1)$$

$$+ (1-R) \cdot \Delta f_i(k-d+3)$$

$$+ (R-P) \cdot \Delta f_i(k-d+2)$$

.

.

.

$$\Delta f_c(k+d) = P \cdot \Delta f_c(k+d-1)$$

$$+ (1-R) \cdot \Delta f_i(k-1)$$

$$+ (R-P) \cdot \Delta f_i(k) \quad (23)$$

上記の式を順次代入することによって、 Δf_c について

の未来の値を既知の値から演算することが可能となる。

なお、(22)、(23)式は第1図の燃料噴射量補正手段106を構成する。

7) パラメータの同定

以上の説明において燃料の動特性を表すモデル中のパラメータは既知であるとしてきたが、実際には内燃機関の運転状態によって変動するため、逐次パラメータの同定を行う。

このパラメータ同定方法としては、例えば本出願人が

$$i = k$$

$$J = \sum \epsilon (i)^2$$

$$i = k - h$$

ここで h = 同定に使用する時間ステップ数

なお、(24)、(25)式は第1図のパラメータ同定手段108を構成する。

(3) 制御の実行

第5図に以上の説明に従って構成された制御装置の機能図を示す。

即ち501において、第(7)式および3)に記載の

(a) (b) (c) のいずれかの方法により内燃機関回転数Neおよび吸気管圧力Pmに基づき基準目標筒内燃料量fcroが演算される。

同時に502において、第(11)式により内燃機関回転数Neおよび吸気管圧力Pmに基づき補正燃料量 δ_f が演算される。

501および502における演算結果が加算され逆モデル503に導かれる。

503においては第(12)式に基づいてインジェクタ7より噴射される基準燃料噴射量fioが決定される。

この基準燃料噴射量fioに基づき504で第(2)式を用いて燃料動特性モデルからモデル筒内燃料量fcmが演算される。

実際の内燃機関の筒内燃料量fcとモデル筒内燃料量fc_mとにに基づいて505で第(21)、(22)式を用いて、燃料噴射量補正量 Δfi を演算する。

この燃料噴射量補正量 Δfi と503で演算された基準燃料噴射量fioとが加算されて、実際に内燃機関に供給される燃料噴射量fiとなる。

さらにこの燃料噴射量fiと内燃機関の筒内燃料量fcに基づいて505において、燃料動特性モデルのパラメータが第(24)、(25)式を用いて同定される。

第6図は、本発明による制御を実行するためのルーチンであって、例えば各ストローク毎に実行される。

即ちステップ601でこのルーチンの実行に必要な検出値、即ち内燃機関回転数Ne、吸気管圧力Pmおよび排気ガスの空燃比入を読み込む。

ステップ602において基準目標筒内燃料量fcroおよび補正燃料量 δ_f が演算される。

そしてステップ603において内燃機関がアイドリング状態であるか否かが判定される。

提案した方法(特願平2-193806)を使用することができる。

即ち燃料噴射量を既知の割合だけ摂動し、その時の空燃比検出値から、

$$\epsilon(k) = fcr(k) - fc(k) \quad (24)$$

として、下記の評価関数が最小値をとるように、周知の最小2乗法を使用してパラメータP・Rを決定する。

(25)

アイドリング状態であるか否かは例えばアイドルスイッチ16がオンであるか否かによって検出できる。なおステップ603は第1図の特性状態検出手段107を構成する。

通常運転状態であるときは、ステップ603で否定判定されて、ステップ604に進む。

ステップ604においては、逆モデルを使用して基準燃料噴射量を演算する。

ステップ605において燃料噴射補正量が演算され、ステップ606において基準燃料噴射量と加算される。

そしてステップ607においてステップ606で定められた燃料量が噴射される時間インジェクタ7を開とする。

内燃機関がアイドリング状態にあるときにはステップ603で肯定判定され、燃料動特性モデルのパラメータを同定するためにステップ608に進む。

ステップ608では燃料噴射量が一定割合摂動され、ステップ609でインジェクタ7より燃料が噴射される。

ステップ610で動特性モデルのパラメータPおよびRが同定され、ステップ611でパラメータの更新が実行される。

[発明の効果]

本発明による内燃機関の燃料噴射制御装置によれば、燃料動特性の逆モデルと燃料動特性モデルを組み合わせて応答性に優れた燃料噴射制御が実現できるばかりでなく、内燃機関の特性の変動に応じて燃料噴射量を補正することによって制御の安定性を増加することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

第1図は本発明にかかる燃料噴射量制御装置の基本構成を示す図、

第2図は本発明の1実施例の構成を示す図、

第3図は燃料挙動シミュレーションモデルを説明するための模式図、

第4図は逆モデルと内部モデルを組み合わせた制御系の基本構成図、

第5図は本発明に係る燃料噴射制御装置の機能線図、

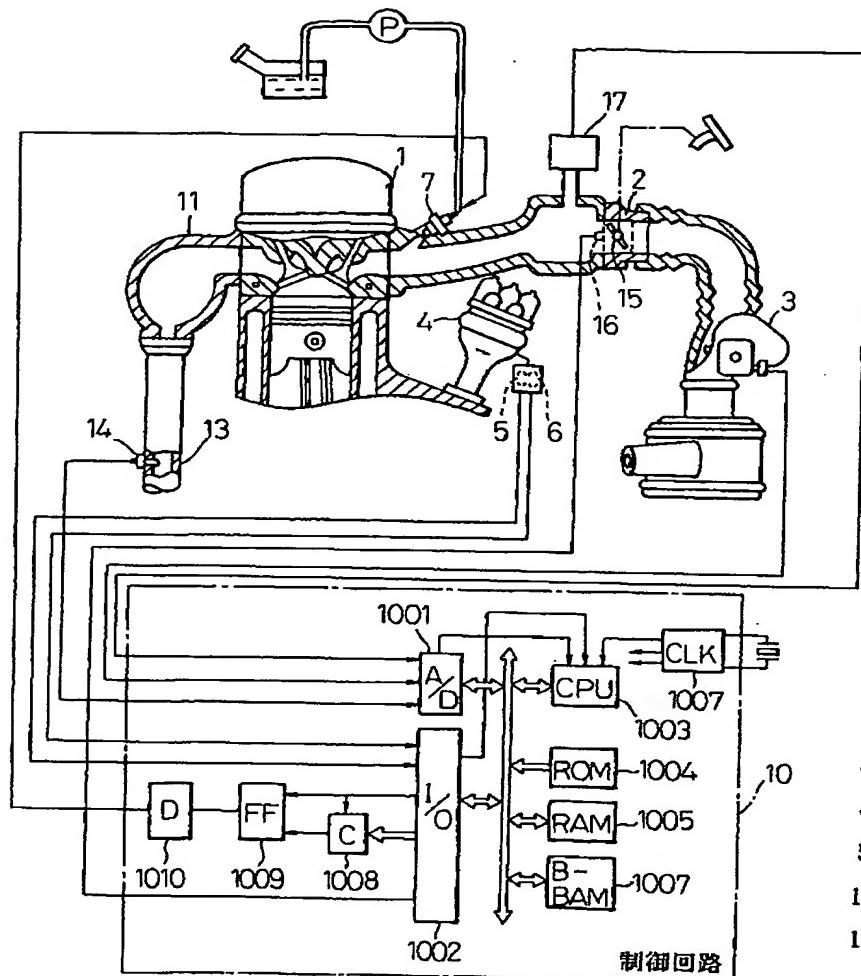
第6図は本発明に係る燃料噴射量制御ルーチンのフローチャートである。

100……空燃比センサ、

101……運転状態検出手段、
 102……基準目標筒内燃料量演算手段、
 103……補正燃料量演算手段、
 104……燃料噴射量演算手段、

105……インジェクタ、
 106……燃料挙動シミュレーション手段、
 107……燃料噴射量補正手段。

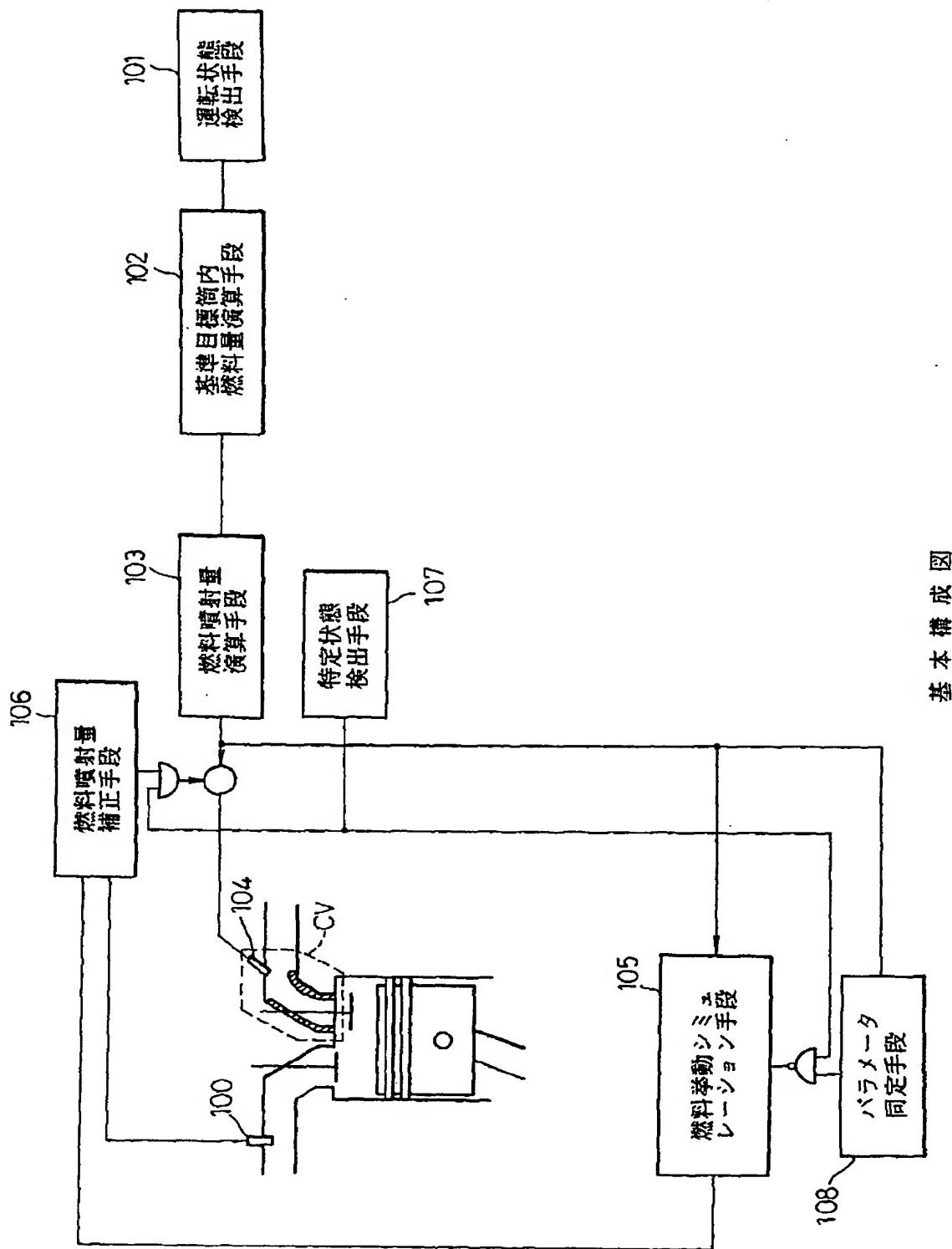
【第2図】



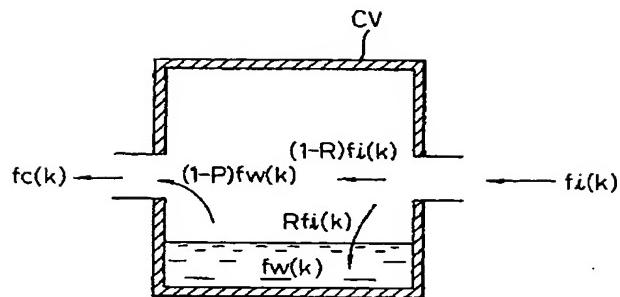
1 … 機関本体
 3 … エアフローメータ
 4 … ディストリビューター
 5 , 6 … クランク角センサ
 14 … 空燃比センサ
 16 … アイドルスイッチ

実施例

【第1図】

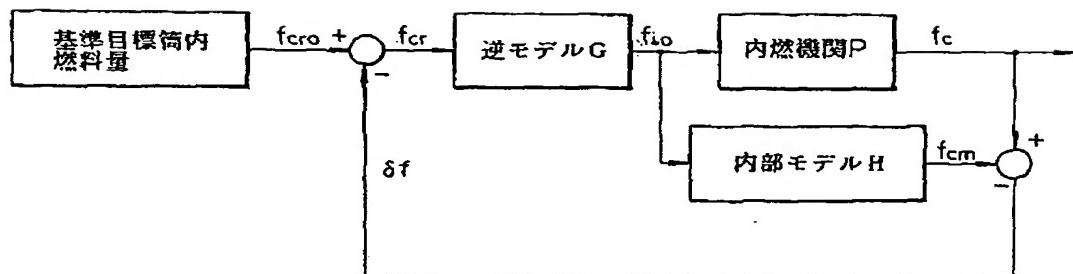


【第3図】



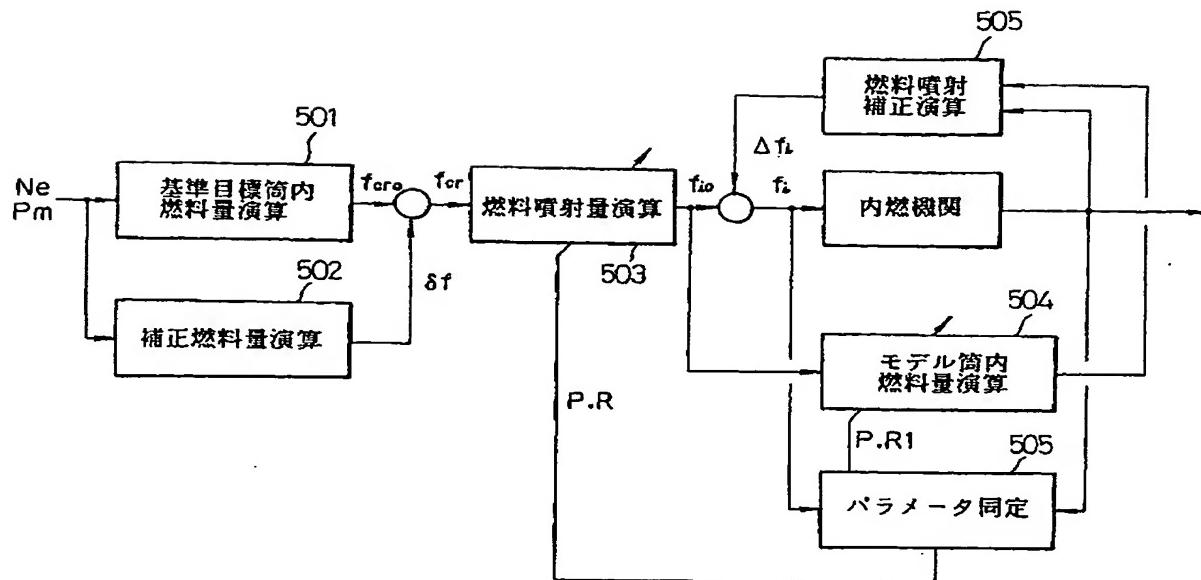
燃料の動的挙動を表すモデル

【第4図】



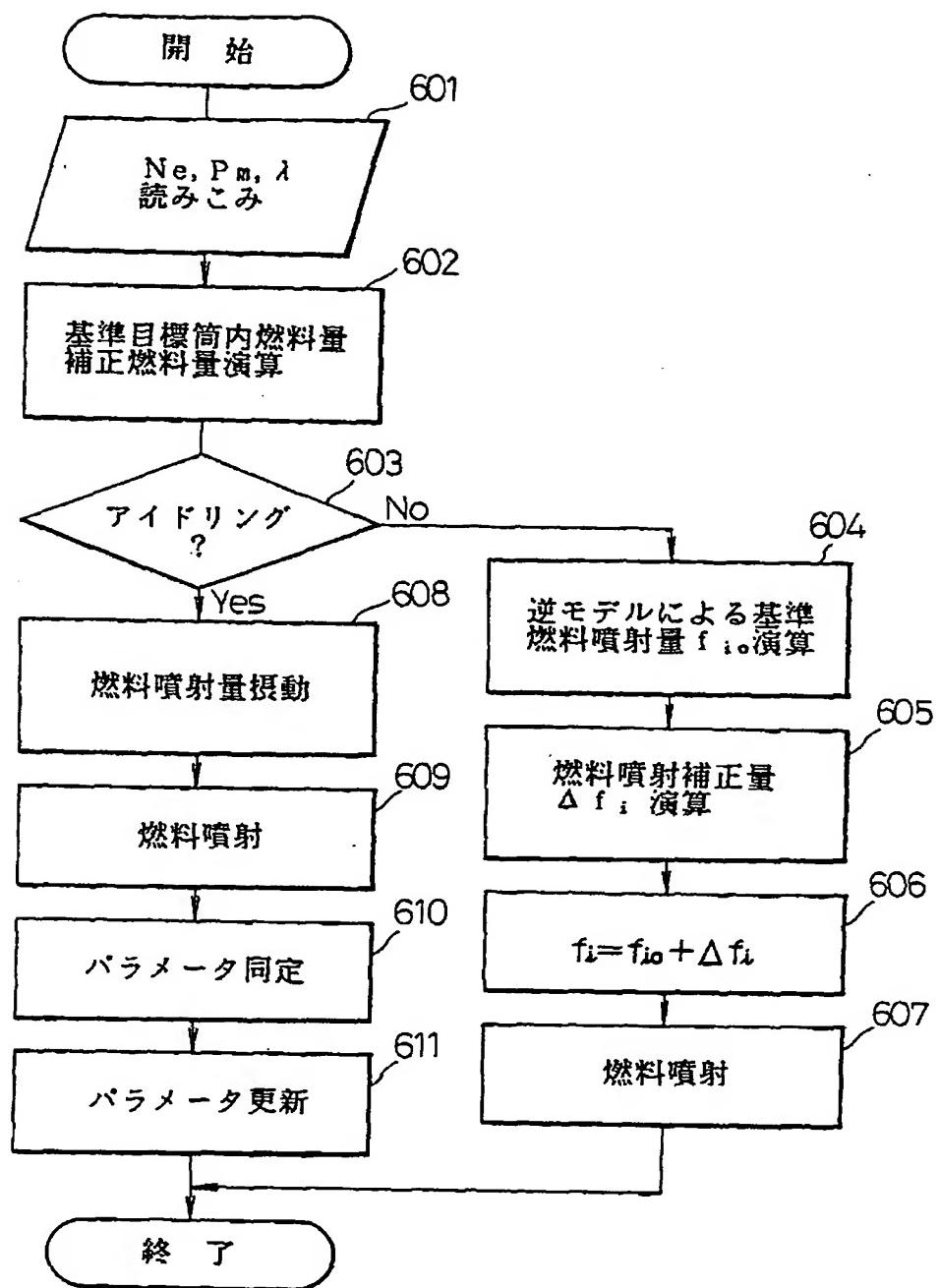
逆モデルと内部モデルによる制御系構成図

【第5図】



制御機能線図

【第6図】



制御演算フロー チャート

フロントページの続き

(56) 参考文献 特開 平1-200040 (JP, A)
 特開 平1-211648 (JP, A)
 特開 平2-157453 (JP, A)
 特開 昭63-9644 (JP, A)

(58) 調査した分野 (Int. Cl. 6, DB名)
 F02D 41/14
 F02D 41/04
 F02D 45/00